

A FELSZÍNBORÍTÁS ÉS TÁJMINTÁZAT VÁLTOZÁSA, MINT AZ ANTROPOGÉN KÖRNYEZETVÁLTOZÁSOK INDIKÁTORAI

Szilassi Péter

1. Bevezetés

A tájat hajlamosak vagyunk statikus, időben állandó, vagy csak kismértékben változó területegységként értelmezni. A fogalom-meghatározások között ritkán találkozunk a táj dinamikus jellegét is hangsúlyozó, annak időbeli változását is magában foglaló definícióval. Pécsi Márton 1970-ben megjelent munkájában a táj időbeli változásáról ezt írja: „a táj hosszú természettörténeti és rövid, de annál hatékonyabb társadalomtörténeti folyamatok terméke”.

A táj tehát természetföldrajzi folyamatok révén ugyan földtörténeti léptékben év százazredek, évmilliók alatt változik, de az ember színrelépése óta ez a folyamat jelentősen felgyorsult. Hazánkban körülbelül a 19. század derekától kezdődően vált elsődlegessé az ember tájformáló szerepe (gondoljunk csak a nagy folyószabályozási munkálatokra). A tájat ért antropogén hatások legmarkánsabb, legszembevetőbb, egyben szabad szemmel is könnyen észlelhető formája a területhasználat és a felszínborítás változása.

Az egyes felszínborítás típusok (pl. szántók, gyepek, erdők) arányának és térbeli mintázatának változása alapvetően befolyásolja a tájban végbemenő folyamatokat. A felszínborítás változása módosíthatja tájalkotó tényezők (domborzat, növényzet, talajtani adottságok, felszíni, felszín alatti vizek, stb.) állapotát.

A táj bonyolult kölcsönhatásokkal jellemezhető összetett rendszer, melyben az egyes tájalkotó tényezők egymással is szoros kölcsönhatásban állnak. A felszínborítás változása jelentős tájökölógiai változásokat eredményezhet, bonyolult láncreakciókat elindítva az egyes tájalkotó tényezők között. Például a mesterséges felszínek (különösen a burkolt utak, beépített területek) térnyerése a szántók rovására növeli felszíni lefolyást, csökkenti a beszivárgást, jelentősen befolyásolva egyes területek vízháztartását, talajtani és mikroklimatikus jellemzőit. Emellett az új mesterséges felszínek gyakran képeznek tájökölógiai akadályt (barriert) elszigetelve egymástól a korábban összefüggő élőhely foltokat.

A tájban megjelenő antropogén folyamatok indikátora leggyakrabban a táj legszembevetőbb, egyben legkönnyebben azonosítható jellemvonása a tájkép, illetve az annak földfelszíni vetületeként értelmezhető felszínborítás. A jelentősebb környezeti változások gyakran kapcsolódnak bizonyos felszínborítási változásokhoz. A korábbi felszínborítás változások tendenciáinak ismerete fontos adalékokkal szolgál az élőhelyek megőrzéséhez, a biodiverzitás védelméhez és a természeti erőforrásaink (például talajaink) fenntartható hasznosításához. A felszínborítás változás, mint a tájban megjelenő antropogén hatások egyik

legfontosabb indikátora alapvető információkat nyújthat az országos és térségi szintű tájtervezéshez, a jövőbeli területhasználat tervezéséhez is. (OECD, 1998, 1999; Csorba – Szabó 2009; Csorba 2011; Kovács 2011; Szilassi 2012).

A hosszú idő óta változatlan felszínborítású területeket lehatárolva elkészíthetjük az úgynevezett felszínborítás stabilitás térképet, mely alkalmas a valamennyi vizsgált időkeresztmetszetben azonos felszínborítású, természetvédelmi vagy agroökológiai szempontból értékesebb területek azonosítására.

A felszínborítás csak közvetett tájékoztatást adhat az egyes tájak természetességéről, illetve a természetesség változásáról. Bár a felszínborítás fontos indikátora az egyes tájak természetességének, a természetesség valódi mértékének értékeléséhez újabban az összes tájalkotó tényező (talajok, felszíni, felszín alatti vizek, levegő, stb.) állapotát együttesen figyelembe vevő komplex mutatókat, köztük a tájmintázat jellemzőit is felhasználják (Herzog et al. 2001; Zebisch et al. 2004; Wrbka et al. 2004; Csorba et.al 2006; Winter – Fischer 2010; Szabó et al 2008; Csorba – Szabó 2009; Szabó 2009; Szilassi – Bata 2012). A tájökológiai kutatások széles körében használatos tájmetriai mutatók közül jó néhány alkalmas indikátorként a tájakat ért antropogén hatások erősségének számszerűsítésére. Közismert tény például, hogy a tájak szabdaltsága, fragmentáltsága jelentősen növekszik a vonalas infrastruktúra (utak, vasutak) kialakításakor, csökkentve a táj természetességét (Bürgi – Russel 2001; Csorba 2005, 2006a,b; Hietel E. et.al 2004).

2. A kutatás módszerei

2.1. A felszínborítás változás elemzéséhez használt adatbázisok, módszerek

Az Európai Unióban már az 1980-as évek derekán megfogalmazódott az igény, a felszínborítás egységes módszertani elvek alapján történő térképezésére. A CORINE felszínborítási adatbázis előnye, hogy azt egységes módszerekkel, azonos, 1:100 000-es méretarányban készítették el. Az adatbázis készítői a 25 hektárnál nagyobb és 100 méternél nagyobb átmérőjű felszínborítás foltokat 44 (Magyarországon 27) féle felszínborítás típusba sorolták. A CORINE adatbázisban elkészültek Magyarország teljes területének felszínborításáról az 1990-es, 2000-es és 2006-os és 2012-es évek állapotait tükröző térképek. Az egységes tematika szerint elkészült, az Internetről térítésmentesen letölthető digitális térképi adatbázis jó lehetőséget kínál a felszínfedettség változásainak elemzésére (1. táblázat).

Az eltérő időpontokban készített CORINE felszínborítás térképeket ArcGIS 10 térinformatikai szoftverrel összemetszettem egymással, majd az így előállított fedvény térképek révén elkészítettem Magyarország felszínborítás stabilitás térképét, lehatárolva a folyamatosan mezőgazdasági területeket, erdő és természetközeli területeket, állóvizeket és beépített területeket, valamint a változott felszínborítású területeket.

1. táblázat. A CORINE felszínborítási adatbázis főbb jellemzői

A felszínborítás adatbázis neve	CLC 1990	CLC 2000	CLC 2006	CLC 2012
Méretarány	1: 100 000	1: 100 000	1: 100 000	1: 100 000
Készítésének időpontja	1986-1998	2000 +/- 1 év	2006+/- 1 év	2006+/- 1 év
Térbeli (geometriai) pontosság	100 m-es térbeli eltérések is előfordulhatnak	100 m-nél kisebb térbeli eltérés	100 m-nél kisebb térbeli eltérés	100 m-nél kisebb térbeli eltérés
Legkisebb önállóan tekintett és térképezett felszínborítási egység területe	25 ha	25 ha	25 ha	25 ha
Legkisebb térképezett felszínborítási egység átmérője	100 m	100 m	100 m	100 m
Tematikus (tartalmi) pontosság	helyenként nem éri el a 85%-ot a tematikus pontosság	85%-körüli tematikus pontosság	85 %-nál nagyobb tematikus pontosság	85 %-nál nagyobb tematikus pontosság
Felszínborítás típusok száma Magyarországon	27	27	27	27
A Mo. területére eső összes felszínborítás folt száma	31004	40270	40439	41649

2.2. A tájmintázat változás elemzéséhez használt módszerek

A szakirodalom szerint a Main Patch Size (MPS), a Total Edge (TE), és az Number of Shape Characteristic Points (NSCP) tájmetriai mutatók jó indikátorai a természetesség változásainak (Herzog et al. 2001, Lausch – Herzog 2002). A fenti tájmetriai mutatókat területtel súlyozott osztály szinten számítottam ki a „erdők és természetközeli területek” felszínborítás foltjaira.

A tájmetriai számításokat az ArcGIS szoftver Vlate kiegészítő panelje segítségével végeztem el. Kiszámoltam 5,6 X 5,6 km-es raszterhálókon belül azon „erdő, természetközeli terület” felszínborítás kategóriába eső poligonok folt szintű területtel súlyozott átlagait, melyek centroidjai az adott kvadrátba estek.

Mivel a felszínborítás és annak mintázata is jelentősebb mértékben csak hosszabb időintervallumban változik, ezért a tájmintázat változását 2000 és 2012 között értékeltem. A két időpontban készült Corine Land Cover felszínborítás térképek

tájmetriai indexeinek területtel súlyozott átlagait raszterenként kivonva egymásból kiszámítottam, hogy az egyes időkeresztmetszetek között hogyan változott az egyes tájmetriai mutatók területtel súlyozott átlaga.

Magyarország területén található kvadrátok közül azokat tekintetem növekvő természetességűnek, melyekben valamennyi fenti tájmetriai mutatószám értéke nőtt. Ezzel szemben ahol mindhárom mutatószám értéke csökkent, azokon a területeken feltehetően csökkent a természetesség. Azokat a kvadrátokat, ahol az MPS, a TE, és az NSCP tájmetriai mutatók nem azonos előjellel változtak, nem tekintetem meghatározhatónak a természetesség változását.

3. Eredmények

3.1. A felszínborítás változását befolyásoló „hajtóerők” és a változások főbb tendenciái Magyarországon 1990-2012 között

A felszínborítás-változás kiváltó okai lehetnek természetes (pl. vihar okozta széldöntések, villámcsapás okozta erdőtüzek), vagy antropogén (pl. erdőterületek kivágása, ültetése) folyamatok. Magyarországon a felszínborítás azonban leginkább már csak emberi hatásra változik. A zömmel magánkézből lévő mezőgazdasági területek tulajdonosai a piaci viszonyok illetve a vonatkozó jogszabályok ismeretében önállóan dönthetnek arról, hogy földjeiket szántóföldi területként vagy rétként, legelőként, esetleg erdőként kívánják azt hasznosítani. A felszínborítás változtatásával kapcsolatos egyéni döntéseket az állam és az önkormányzatok által jóváhagyott területrendezési tervek, Európai Unió támogatások, és egyéb jogszabályok is befolyásolják. A területrendezési, településrendezési tervekben a terület-felhasználási egységek és kategóriák lehatárolása révén határozzák meg a jövőbeli területhasználatok típusát, és ezáltal a felszínborítás jellegét.

A felszínborítás változások hátterében természeti, és társadalmi okok, úgynevezett „hajtóerők” állnak (Duray – Keveiné Bárány 2010; Hersperger – Bürgi 2007). Léptékük alapján megkülönböztethetünk globális és helyi, vagy más néven lokális hajtóerőket. A globális hajtóerők közé sorolhatók például a világgazdasági folyamatok, az élelmiszerárak, a külkereskedelmi áruforgalmi kapcsolatok, az Európai Unió agrárpolitikája stb. A helyi, vagy más néven lokális hajtóerők közé sorolhatók többek között a település szintű társadalmi, gazdasági, demográfiai folyamatok, területfejlesztési döntések, illetve helyi természetföldrajzi (talajtani, vízrajzi) és infrastrukturális adottságok (úthálózat) (2. táblázat)

A helyi, és globális hajtóerők számos környezeti szempontból releváns felszínborítás változás tendenciára vannak hatással. A CORINE adatbázisok alapján Magyarország felszínborítás változásainak főbb tendenciáit 1990-2000, 2000-2006 közötti évekre vonatkozóan Büttner (2010) értékelte munkájában. Jelen dolgozatban a legutóbbi 2006-2012 között végbement felszínborítás változások tendenciáival egészítem ki Büttner elemzését. Jól láthatjuk, hogy az 1990-óta jellemző tendenciák folytatódtak 2006-2012 között is. Hazánkban a felszínborítás változások üteme egyre gyorsuló tendenciát mutat. Míg 1990-2000 között 417 km², addig a 2006-2012 közötti években már átlagosan 464 km² felszín alakult át valamilyen korábbihoz eltérő felszínborítású területté.

2. táblázat. Helyi (lokális) hajtóerők, és hatásuk a felszínborítás változására

LOKÁLIS HAJTÓERŐ	A FELSZÍNBORÍTÁS VÁLTOZÁS JELLEGE
Település szintű területfejlesztési, gazdasági, politikai döntések	Pl. beépített (ipari) területek növekedése a szántóterületek rovására az ún. „zöldmezős” beruházások révén
Település demográfiai helyzetének változása (például lakosságszám növekedése)	Pl. beépített (lakó) területek növekedése a szántóterületek rovására
Mezőgazdasági területek megközelíthetősége közúton	Pl. a rét, legelő, erdőterületek növekedése a mezőgazdasági területek rovására az alacsony úthálózat sűrűségű területeken
Mezőgazdasági területek talajtani jellemzői: termőképessége, vízgazdálkodási tulajdonsága stb.	Pl. erdőterületek növekedése a rét, legelő, mezőgazdasági területek rovására a talajtani szempontból rossz termőképességű területeken
Természetföldrajzi tényezők, folyamatok: talajerózióra való hajlam, csuszamlás veszély, belvíz stb.	Pl. a rét, legelő, erdőterületek növekedése mezőgazdasági területek rovására a szélerózió, vízerózió, csuszamlás veszélynek, belvíznek stb. kitett területeken

Az erdőterületeken belül végbement felszínborítás-változásokat vizsgálva elmondható, hogy mindhárom időszakban e területeken belül mentek végbe a legnagyobb változások a nagy területre kiterjedő tarvágások és az újjólag felnövekvő sarjerdők miatt. Fontos hangsúlyozni, hogy bár 2000 óta az erdőterületeken belül nagyobb volt a kivágott erdők területe, mint az felnövekvő sarjerdőké, az erdők összes területe 1990-2012 között folyamatosan nőtt a rétek legelők és a szántóterületek beredősödése folytán (3. táblázat).

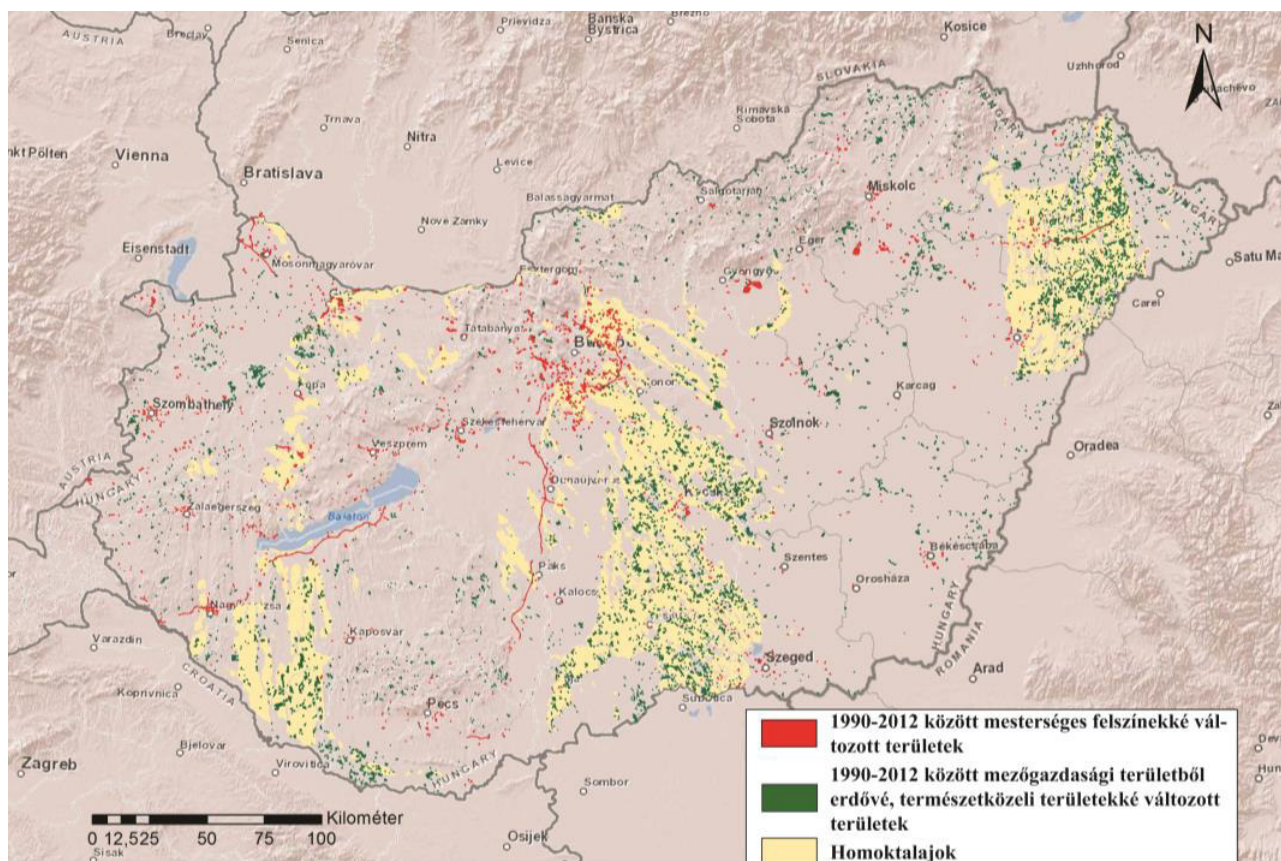
Az 1990-es évektől kezdve egyre erőteljesebb dinamikájú tendencia a szántók területének csökkenése (felhagyása), rétté vagy legelőterületté történő átalakulása, a parlagosodás.

A 1990-2012 között vizsgálva szántók rét, legelő, erdőterületté alakulását szembevetve, hogy a Nyírség, a Belső-Somogy és a Duna-Tisza köze területén sokkal több változás ment végbe, mint az ország más területein (1. ábra). E folyamat hátterében főként e területek természetföldrajzi adottságai állnak. A rossz vízgazdálkodási tulajdonságú, alacsony humusztartalmú homoktalajok nem kedvezők a szántóföldi művelés számára. E területeken jellemző tendencia a rét, legelőterületek, valamint az erdőterületek növekedése a szántóterületek rovására. A mezőgazdasági területek művelés alóli kivonása, felhagyása nem kedvező folyamat tájökölógiai szempontból, hiszen a parlagterületeken a megfelelő legeltető állattartás híján gyakorta megindul a gyomosodás és az invazív fajok terjedése.

3. táblázat. a felszínborítás változások főbb tendenciái, és a változások dinamikája 1990-2000, 2000-2006, és 2006-2012 között Magyarországon és Büttner (2010) és saját számítások alapján

A felszínborítás változások főbb tendenciái	1990-2000	2000-2006	2006-2012
Erdőterületeken belüli változások (tarvágás, erdőnövekedés)	erdők 55,2 km ² /év növekedése	erdők 20,7 km ² /év csökkenése	erdők 45,18 km ² /év csökkenése
Legelők átalakulása szántóterületekké, és szántóterületek átalakulása legelőkké	szántóterületek 19,1 km ² /év növekedése a legelők rovására	szántóterületek 11,8 km ² /év növekedése a legelők rovására	legelőterületek 19 km ² /év növekedése a szántók rovására
Szántóterületek átalakulása erdővé, természetközeli területekké	erdőterületek 13,6 km ² /év növekedése a szántók rovására	erdőterületek 46 km ² /év növekedése a szántók rovására	erdőterületek 66,5 km ² /év növekedése a szántók rovására
Legelők átalakulása erdőterületekké	erdőterületek 8,1 km ² /év növekedése a legelők rovására	erdőterületek 17,8 km ² /év növekedése a legelők rovására	erdőterületek 11,1 km ² /év növekedése a legelők rovására
Mezőgazdasági területek átalakulása mesterséges felszínekké (pl. bányá, ipari üzem, autópálya lakópark stb.)	mesterséges felszínek 10 km ² /év növekedése a mezőgazdasági területek rovására	mesterséges felszínek 25 km ² /év növekedése a mezőgazdasági területek rovására	mesterséges felszínek 11,1 km ² /év növekedése a mezőgazdasági területek rovására
Mezőgazdasági területek átalakulása vízfelszínre	vízfelszínek 2,5 km ² /év növekedése a mezőgazdasági területek rovására	vízfelszínek 3,9 km ² /év növekedése a mezőgazdasági területek rovására	vízfelszínek 1,1 km ² /év növekedése a mezőgazdasági területek rovására
Összes felszínborítás változás üteme	417 km ² /év	443 km ² /év	464 km ² /év

Másik, környezeti szempontból kedvezőtlen tendencia a mesterséges felszínek (beépített területek, bányaterületek közutak stb.) folyamatos területnövekedése, mely a 2000-2006 közötti időszakban volt a legnagyobb ütemű. Láthatjuk, hogy főként Budapest illetve a nagyobb vidéki városaink környékén, valamint az autópálya építésekhez kapcsolódóan nőtt a leginkább a mesterséges felszínek kiterjedése (1. ábra).

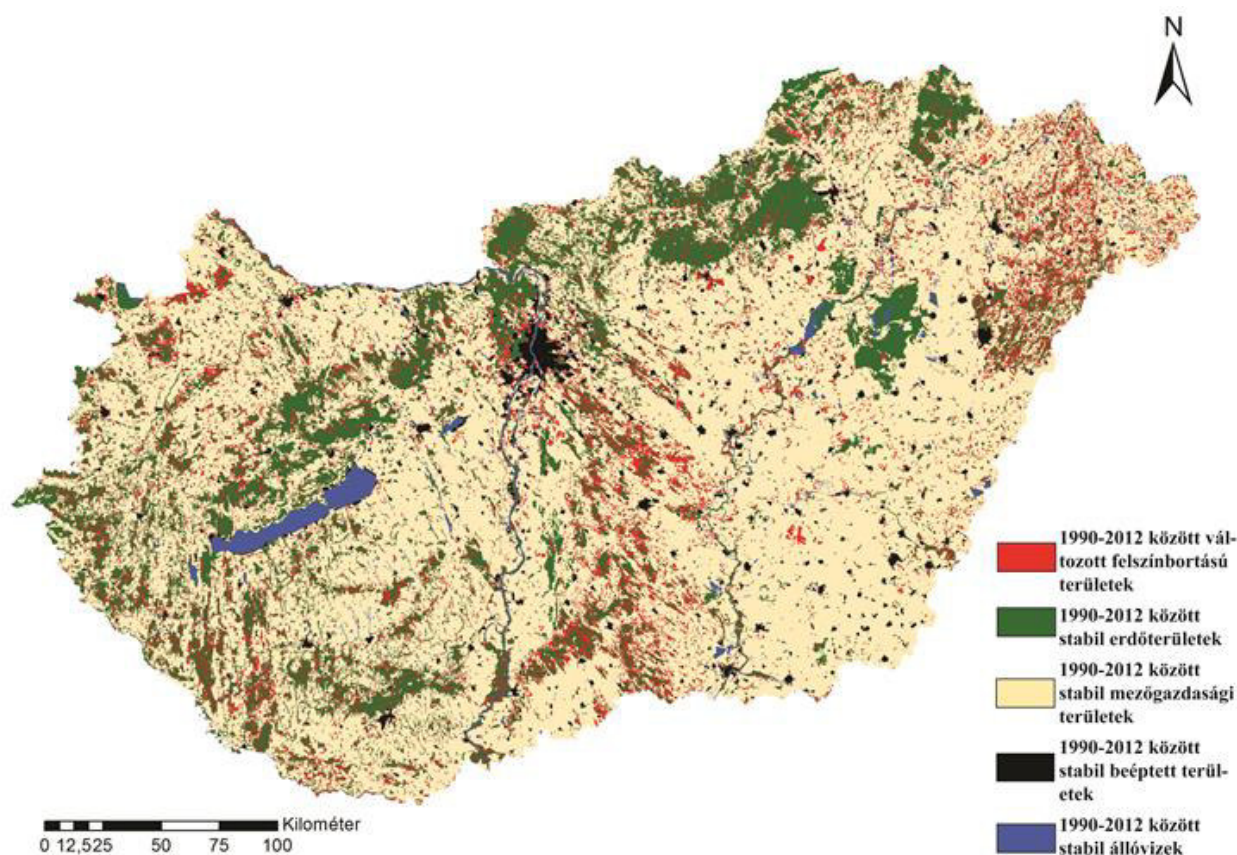


1. ábra. A mesterséges felszínné változott területek (piros) és az erdővé, természetközeli területekké változott területek (zöld) 1990-2012 között Magyarországon (a CORINE adatbázis alapján), és a homoktalajok kiterjedése (sárga színnel) (AGROTOPO adatbázis alapján)

Egymással fedésbe hozva azokat a területeket melyeken nem változott a felszínborítás, megkapjuk Magyarország 1990-2012 között állandó (stabil) felszínborítású területeit (2. ábra). A vizsgált időszakban azonos felszínborítású erdő és természetközeli területek térképén kirajzolódnak a középhegységi területek, emellett a Hortobágy területe az, ahol alig változott a felszínborítás kategória kiterjedése. Ezek a területek a természetvédelmi szempontból jelentősek, hiszen a felszínborítás változatlansága egyben az antropogén zavarás alacsony szintjére is utal.

A folyamatosan mezőgazdasági területekként jelölt felszínek között kell említeni az Alföld azon térségeit, melyeken nem, vagy csak alig változott a mezőgazdasági területek felszínborítása. A Mezőföld, a Hajdúság, a Békés-Csanádi löszös hát főként csernozjom

talajai nagyon kedvezőek a szántóföldi művelés számára, ezért itt nem, vagy csak alig csökkent a szántók kiterjedése az erdők és legelők rovására. A továbbiakban is meg kell őrizni e területeken a mezőgazdaság, mint tájhasználati forma dominanciáját a talaj termőképességének megőrzése mellett (2. ábra.)

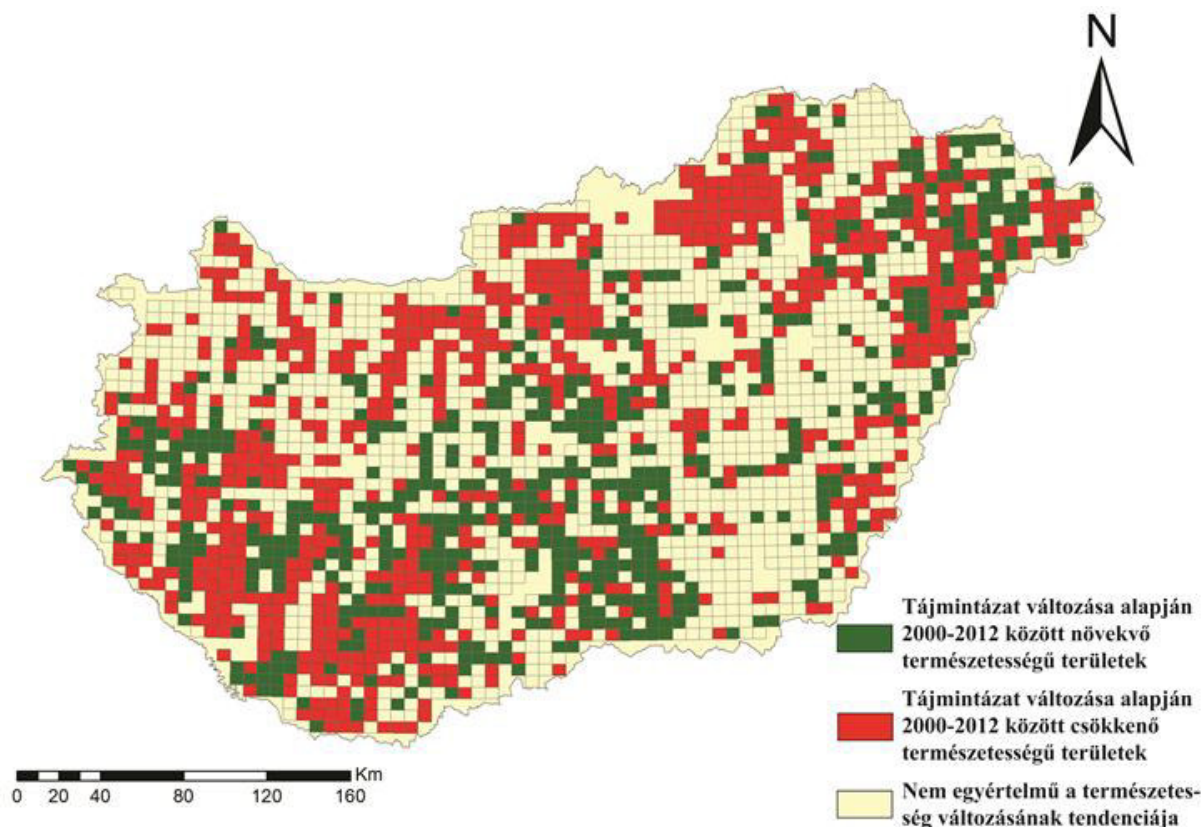


2. ábra. Magyarország 1990-2012 közötti felszínborítás stabilitás térképe

A stabil felszínborítású területek mellett jól látszik, hogy a Duna-Tisza-köze, a Nyírség és a Belső-Somogy területei a gyorsan és gyakran változó felszínek közé tartoznak. E területeken a jövőben is erőteljesebb mérvű, nagyobb területekre kiterjedő felszínborítás változásokra számíthatunk. A végbement változások megismert tendenciái, térbeli jellemzői alapján törekednünk kell arra, hogy Magyarország jövőbeli területhasználatát a tájökológiai szempontokat is figyelembe véve, fenntartható módon alakítsuk ki.

Az erdők, természetközeli területek felszínborítás feltételeinek MPS, TE és NSCP tájmetriai mutatói, mint indikátorok alapján becsülve a természetesség változását, megvizsgáltam, hogy 2000-2012 között az egyes kvadrátokon belül nőtt-e vagy csökkent-e a területek természetessége (3. ábra).

Láthatjuk, hogy Magyarország területén belül jól lehatárolhatók azok a térségek ahol feltehetően csökkent, és ahol valószínűleg nőtt a természetesség. Jól kivehető, hogy a Duna-Tisza köze területén 2000-2012 közötti időszakban nőtt a terület természetessége, míg a Dunántúl nagy részén, valamint a budapesti agglomeráció térségében feltehetően csökkent e területek természetessége.



3. ábra. A természetesség becsült változása Magyarországon 2000-2012 között, az „erdők, természetközeli területek” felszínborítás foltok tájmintázat változásai alapján

Irodalom

- Bürgi M., Russel E.W.B. (2001): Integrative methods to study landscape changes. Land Use Policy, 18: 9-16.
- Büttner Gy. (2010): Magyarország 1990-2000 és a 2000-2006 közötti felszínborítás változásainak összehasonlítása in.: Lóki J- Demeter G.: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában konferencia kiadványa Debrecen 89-97.
- Csorba P. (2005): Magyarország út- és vasúthálózatának ökológiai tájfragmentációs hatása. ÖKO 8, 3-4, Budapest, 102-112.
- Csorba P. (2006a): Hazai tájak ökológiai szempontú szerkezetének vizsgálata. III. Magyar Tájökológiai Konferencia, Szeged, 2006. szeptember 6-7. CD-ROM
- Csorba P. (2006b): Indikátorok az ökológiai tájszerkezet és tájműködés vizsgálatához. In: Kiss A., Mezősi G., Sümegi Z. (Eds.): Táj, környezet és társadalom. Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzorasszony tiszteletére. Szeged, 117-122.
- Csorba P. (2011): Az alföldi tájváltozás tendenciái. In: Rakonczai J. (szerk.): Környezeti változások és az Alföld. Nagyalföld Alapítvány Kötetei 149-159.
- Csorba P., Szabó, Sz. (2009): Degree of human transformation of landscapes: a case study from Hungary. Hungarian Geographical Bulletin 58/2, 91–99.
- Csorba P., Szabó, SZ., Csorba, K. (2006): Tájmetriai adatok tájökológiai célú felhasználása. In: Demeter, G. (Ed.): Földrajzi tanulmányok Dr. Lóki József tiszteletére. Debrecen, 24–34.
- Duray B., Keveiné Bárány I. (2010): Tájdinamikai vizsgálatok – Tájhasználat-változás, és regenerációs potenciál összefüggéseinek modellezése. in: Pál-Molnár E. (szerk) Geoszféra

2009. A Szegedi Tudományegyetem Földtudományi Doktoriskolájának eredményei. SZTE Földrajzi és Földtani tanszékcsoport, Szeged, 99-151.
- Hersperger A. M., Bürgi M. (2007): Going beyond landscape change description: Quantifying the importance of driving forces of landscape change in a Central Europe case study. *Land Use Policy*, 80: 127-136.
- Herzog, F., Lausch, A., Müller, E., Thulke, H.H., Steinhardt, U., Lehmann, S. (2001): Landscape Metrics for Assessment of Landscape Destruction and Rehabilitation. *Environmental Management*, 27/1, 91–107.
- Hietel E., Waldhardt R., Otte A. (2004): Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse, Germany. *Landscape Ecology* 19. 473-489.
- Kovács F. (2011): Az alföldi területhasználat és változásainak értékelése. In: Rakonczai J. (szerk.): Környezeti változások és az Alföld. Nagyalföld Alapítvány Kötetek 149-159. pp.
- Lausch A., Herzog F. (2002): Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability *Ecological Indicators* 2 pp. 3–15.
- OECD, (1998): *Environmental Indicators: Towards Sustainable Development*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- OECD, (1999): *OECD Environmental Data—Compendium 1999 edition*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- Szabó Sz. (2009): Tájmetriai mérőszámok alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata a tájanalízisben. Habilitációs értekezés, Debrecen, 107 p.
- Szabó Sz., Csorba P., Varga K. (2008): Landscape management and landuse - tools for landscape management. *Dissertation Comissions Of Cultural Landscape - Methods of Landscape Research* 8: 7-20.
- Szilassi P. (2012): Változó tájak: tendenciák, okok, következmények, *Tájvédelmi Füzetek* 2: 69-79.
- Szilassi P., Bata T. (2012): Tájak természetességének értékelése tájmetriai módszerekkel Magyarország példáján, In: Farsang A, Mucsi L, Keveiné Bárány I (szerk.) *Táj - érték, lépték, változás*. Szeged: GeoLitera, 75-84.
- Winter, H.S., Fischer, A. (2010): Relative Quantitative Reference Approach for Naturalness Assessments of forests. *Forest Ecology and Management*, 259, 1624–1632.
- Wrbka, T., Erb, K.H., Schulz, N., B., Peterseil, J., Hahn, C., Haberl H. (2004). Linking pattern and process in cultural landscapes. An empirical study based on spatially explicit indicators. *Land Use Policy*, 21, 289–306.
- Zebisch, F., Wechsung, H., Kenneweg, M. (2004): Landscape response functions for biodiversity—assessing the impact of land-use changes at the county level. *Landscape and Urban Planning*, 67, 157–172.